


## Element in integrated optics

Patent Number: DE3600458  
Publication date: 1986-07-10  
Inventor(s): NOLTING HANS-PETER DR ING (DE)  
Applicant(s): HERTZ INST HEINRICH (DE)  
Requested Patent: ☐ DE3600458  
Application Number: DE19863600458 19860107  
Priority Number(s): DE19863600458 19860107; DE19853500531 19850107  
IPC Classification: G02F1/015; G02B6/12; H01L27/14; H01S3/19  
EC Classification: G02B6/12C, G02B6/12P, G02F1/025  
Equivalents:

### Abstract

In an element in integrated optics, monolithically integrated electrooptical components for controllably changing the phase angle and the polarisation state of a guided light wave are provided. The coatings consist of III-V mixed crystals from which electrooptical and optoelectrical transducers as well as electronic integrated circuits can also be constructed. This permits comprehensive monolithic integration. The optical axis, preferably in [110]-direction, and the directions for electric fields form a rectangular orthogonal system and are then situated in the [001]- and [110]-directions, respectively, both in the case of (001)- and of (110)-substrates. Horizontal and vertical electric fields interchange their roles with respect to their effects on phase angle and polarisation state of the guided light wave for (001)- and (110)- orientations. 



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 36 00 458.8  
22 Anmeldetag: 7. 1. 86  
43 Offenlegungstag: 10. 7. 86

Patentamt

DE 3600458 A 1

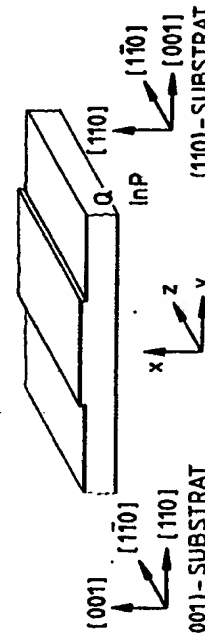
30 Innere Priorität: 32 33 31  
07.01.85 DE 35.00 531.9

71 Anmelder:  
Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik Berlin  
GmbH, 1000 Berlin, DE

72 Erfinder:  
Nolting, Hans-Peter, Dr.-Ing., 1000 Berlin, DE

64 Bauelement der integrierten Optik

Bei einem Bauelement der integrierten Optik sind monolithisch integrierte elektro-optische Komponenten zur steuerbaren Änderung der Phasenlage und des Polarisationszustandes einer geführten Lichtwelle vorgesehen, wobei die Schichten aus III-V-Mischkristallen bestehen, aus denen auch elektro-optische und opto-elektrische Wandler sowie elektronische integrierte Schaltungen aufgebaut werden. Dies ermöglicht eine umfassende monolithische Integration. Die optische Achse, bevorzugt in  $[110]$ -Richtung, und die Richtungen für elektrische Felder bilden ein rechtwinkliges Orthogonalsystem und liegen dann sowohl bei  $(001)$ - als auch bei  $(110)$ -Substraten in  $[001]$ - bzw.  $[110]$ -Richtung. Horizontale bzw. vertikale elektrische Felder vertauschen bezüglich ihrer Auswirkungen auf Phasenlage und Polarisationszustand der geführten Lichtwelle bei  $(001)$ - bzw.  $(110)$ -Orientierung ihre Rolle.



DE 3600458 A 1

01 HEINRICH-HERTZ-INSTITUT FÜR NACHRICHTENTECHNIK BERLIN  
GMBH 11/0185 DE

Patentansprüche

05

1. Bauelement der integrierten Optik mit monolithisch integrierten elektro-optischen Komponenten zur steuerbaren Änderung der Phasenlage und des Polarisationszustandes einer Lichtwelle mittels horizontal bzw. vertikal sowie senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Lichtwelle in einem Wellenleiter verlaufender elektrischer Felder, für deren Erzeugung seitlich vom Wellenleiter oder diesen zumindest teilweise überdeckende Elektroden vorgesehen sind,

15 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
Schichtmaterial auf der Basis von III-V-Mischkristallen, das auch eine monolithische Integration elektronischer Schaltungen erlaubt, und durch seitlich des Wellenleiters angebrachte Elektroden zur Erzeugung horizontaler elektrischer Felder sowie durch - auch bei Komponenten aus III-V-Material an sich bekannte - den Wellenleiter zumindest teilweise überdeckende Elektroden für die Erzeugung vertikal verlaufender elektrischer Felder, welche monolithisch integrable, wahlweise oder gleichzeitig die Polarisierung und/oder Phasenlage der im Wellenleiter geführten Lichtwelle beliebig veränderbare Komponenten bilden.

2. Bauelement nach Anspruch 1,  
30 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
ein Substrat mit (001)-Orientierung, bei dem die optische Achse des Wellenleiters parallel zur  $[1\bar{1}0]$ -Richtung des Kristallgitters gelegt ist, die der z-Achse des Bauelements entspricht, und vertikale elektrische Felder

- 01 parallel zur  $[001]$ -Richtung bzw. der x-Achse und horizontale elektrische Felder parallel zur  $[110]$ -Richtung bzw. zur y-Achse verlaufen.
- 05 3. Bauelement nach Anspruch 1,  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
ein Substrat mit  $(110)$ -Orientierung, bei dem die optische Achse des Wellenleiters parallel zur  $[1\bar{1}0]$ -Richtung des Kristallgitters gelegt ist, die der z-Achse des
- 10 Bauelements entspricht, und vertikale elektrische Felder parallel zur  $[110]$ -Richtung, bzw. der x-Achse und horizontale elektrische Felder parallel zur  $[001]$ -Richtung bzw. zur y-Achse verlaufen.
- 15 4. Bauelement nach Anspruch 2 oder 3,  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
eine Ausbildung der zur Erzeugung elektrischer Felder dienenden Elektroden mittels pn-Übergängen, welche seitlich bzw. ober- und unterhalb des lichtführenden
- 20 Wellenleiters angeordnet sind.
5. Bauelement nach Anspruch 4,  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
N Sektionen von je zwei Elektroden-Paaren zur Erzeugung
- 25 horizontal verlaufender elektrischer Felder, wobei die Elektroden-Paare innerhalb einer Sektion antiparallel gepolt sind.
6. Bauelement nach Anspruch 4 oder 5,  
30 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
ein  $p^+$ -dotiertes Diffusionsgebiet (Kontaktfläche) an der Oberseite und ein  $n^+$ -dotiertes Substrat als Kontaktfläche an der Unterseite des Wellenleiters als Quel-

01 le des vertikalen elektrischen Feldes innerhalb des Wellenleiters.

7. Bauelement nach Anspruch 4 oder 5,  
05 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
ein tiefes  $p^+$ -Diffusionsgebiet auf der einen und ein  
tiefes  $n^+$ -Diffusionsgebiet auf der anderen Seite des  
Wellenleiters als Quelle des horizontalen elektrischen  
Feldes in dem Wellenleiter, und ein semi-isolierendes  
10 Substrat als Träger des Halbleiter-Bauelements.

8. Bauelement nach Anspruch 4 oder 5,  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
ein tiefes  $p^+$ -Diffusionsgebiet auf jeder Seite des  
15 Wellenleiters, ein  $n^+$ -Diffusionsgebiet auf der Ober-  
seite und ein semi-isolierendes Substrat (z.B. InP)  
als Träger des Halbleiter-Bauelements.

9. Bauelement nach Anspruch 4 oder 5,  
20 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
ein tiefes  $p^+$ -Diffusionsgebiet auf jeder Seite des  
Wellenleiters und eine Zone aus  $p^+$ -dotiertem Indium-  
phosphid als Puffer zwischen Wellenleiter und Träger-  
Substrat.

25 10. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
eine monolithische Integration von optischen, elektro-  
optischen und elektronischen Komponenten.

01

11/0185 DE

# Bauelement der integrierten Optik

05 Die Erfindung bezieht sich auf ein Bauelement der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 genannten Art.

✓  
10 In der optischen Nachrichtentechnik gewinnen Monomodesysteme zunehmend an Bedeutung. Bei der Übertragung von Lichtsignalen mittels Monomodefasern wird im allgemeinen der Polarisationszustand einer Lichtwelle am Anfang und am Ende einer Übertragungsstrecke nicht derselbe sein. Auf der Empfangsseite ist es deshalb beispielsweise erforderlich, den ursprünglichen Polarisationszustand wieder herzustellen. Auch auf der  
15 Sendeseite besteht die Möglichkeit, die zu übertragende Information in Form einer Polarisations- oder Phasenmodulation einer Lichtwelle aufzuprägen.

20 Hierzu ist eine allgemeine Polarisations-Transformation durchzuführen, d.h. es ist erforderlich, sowohl den Polarisationswinkel  $\theta$  als auch den Phasenwinkel  $\phi$  zu verändern. Das bedeutet, ein allgemeiner Polarisationstransformator muß in der Lage sein, jedes beliebige Paar von Input-Größen ( $\theta_i; \phi_i$ ) in jedes gewünschte Paar von  
25 Output-Größen ( $\theta_o; \phi_o$ ) zu verwandeln. Derartige Beeinflussungen optischer Parameter können vorteilhaft mit Hilfe des elektrooptischen Effekts herbeigeführt werden.

30 Aus "IEEE Journal of Quantum Electronics", Band QE-17, Nr. 6 (Juni 1981) Seiten 965 bis 969 (R.C. Alferness) ist eine elektro-optische Einrichtung zur Wellenleitung bekannt, mit der eine solche allgemeine Polarisations-  
35 transformation durchgeführt werden kann. Hierzu sind eingangs- und ausgangsseitig jeweils ein Phasen-

01 schieber und dazwischen ein TE/TM-Modenkonverter vor-  
gesehen. Diese drei Komponenten befinden sich in separaten  
Sektionen auf nur einem Substrat aus Lithiumniobat ( $\text{LiNbO}_3$ ) bzw. Lithiumtantalat ( $\text{LiTaO}_3$ ). Bei derartigem,  
05 elektrisch nicht leitenden Material lassen sich vertikale und auch horizontale elektrische Felder in einfacher Weise durch ober- bzw. unterhalb des Wellenleiters sowie durch seitlich vom Wellenleiter angeordnete Elektroden erzeugen.

10 Derartige Komponenten der integrierten Optik lassen sich mit herkömmlichen elektronischen Schaltungen zu hybriden Aufbauten verknüpfen. Angestrebt wird jedoch, optische und elektronische Komponenten mit dem Ziel  
15 einer monolithischen Integration in einer einheitlichen Technologie herzustellen. Für diese Zwecke sind III-V-Materialien, also Halbleiter-Mischkristalle insbesondere der Materialien Galliumaluminiumarsenid/Galliumarsenid ( $\text{GaAlAs/GaAs}$ ) und Indiumgalliumarsenid-phosphid/Indiumphosphid ( $\text{InGaAsP/InP}$ ) geeignet. Diese  
20 Materialien bilden eine kubische Gitterstruktur der Punktgruppe  $\bar{4}3m$ .

Aus der Festkörperphysik ist zur Struktur dieser Mischkristalle bekannt, daß aus Symmetriegründen die (100)-,  
25 (010)- und (001)-Flächen äquivalent sind, eine bevorzugte Spaltrichtung in der (110)-Ebene dieser Kristalle verläuft und eine bevorzugte Ausbreitungsrichtung für Lichtwellen in  $[1\bar{1}0]$ -Richtung liegt. Wirkt auf eine  
30 derart geführte Lichtwelle ein elektrisches Feld in Richtung der  $[001]$ -Achse ein, ergibt sich eine Phasenverschiebung; für eine Änderung des Polarisationszustandes wird ein elektrisches Feld in Richtung der  $[110]$ -Achse benötigt.

- 01 Der aus "IEEE Journal of Quantum Electronics", Bd. QE-18  
Nr. 4 (April 1982), Seiten 763 bis 766 (F.K. Reinhart  
et al) bekannte Polarisationsmodulator - POLAM - ist  
auf einem (110)-orientierten Galliumarsenid- (GaAs-)  
05 Substrat aufgebaut und enthält einen erhabenen Rippen-  
wellenleiter - RWG - in einer Schicht aus aufgewachse-  
nem Aluminiumgalliumarsenid (AlGaAs). Ein vertikales,  
hier also in [110]-Richtung verlaufendes elektrisches  
Feld wird durch Elektroden erzeugt, die sich ober- bzw.  
10 unterhalb des Wellenleiters befinden. Die Phasenlage  
kann mit dieser Anordnung nicht ebenfalls verändert  
werden. Es wird zwar erwähnt (vgl. a.a.O., Seite 765,  
linke Spalte, 4. Absatz), daß auch eine allgemeine Po-  
larisations-Transformation entsprechend der oben be-  
15 reits erwähnten Veröffentlichung (Alferness) durchführ-  
bar sein soll, jedoch werden die dazu notwendigen Maß-  
nahmen ausdrücklich nicht näher erläutert.
- A  
20 Hier nun setzt die Erfindung ein. Ihr liegt die Aufgabe  
zugrunde, eine Anordnung zu schaffen, mit der - ähnlich  
der Lösung von Alferness - eine allgemeine Polarisati-  
ons-Transformation zu bewerkstelligen ist, zudem aber  
auch die monolithische Integration insbesondere mit op-  
25 tisch aktiven Komponenten und elektronischen Schaltun-  
gen auf demselben Substrat erfolgen kann. Aus der Sicht  
der von Reinhart et al bekannten Lösung ist zwar vom  
Material her die Möglichkeit für eine derartige komplet-  
te Integration vorhanden; es müssen aber dazu noch die  
Voraussetzungen für die Realisierung einer allgemeinen  
30 Polarisations-Transformation, also zur Beeinflussung  
sowohl der Phase als auch der Polarisation auf demsel-  
ben Substrat geschaffen werden.



- 01 Gelöst wird diese Aufgabe durch die mit dem Gegenstand  
des Patentanspruches 1 aufgezeigte technische Lehre.  
Als Elektroden zur Erzeugung elektrischer Felder sind  
dabei elektrisch kontaktierte Potentialflächen bzw.
- 05 Zonen zu verstehen, zwischen denen sich über eine be-  
stimmte Distanz ein Spannungsunterschied aufrechterhal-  
ten läßt. Dies ist mit einem Dielektrikum zwischen den  
Potentialflächen verhältnismäßig leicht realisierbar.  
Bei Halbleitermaterial müssen dafür Raumladungszonen
- 10 vorhanden sein, die z.B. durch pn-Übergänge zwischen  
den einzelnen Schichten gebildet werden und vertikale  
elektrische Felder ermöglichen. Zur Erzeugung horizon-  
taler elektrischer Felder in einer Halbleiterschicht  
werden bei der erfindungsgemäßen Lösung ebenfalls Raum-
- 15 ladungszonen geschaffen, in denen elektrische Felder  
zumindest eine wesentliche, horizontal verlaufende Kom-  
ponente aufweisen.

- Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung benutzen
- 20 die  $[1\bar{1}0]$ -Richtung des Kristallgitters für die Richtung  
der optischen Achse des Wellenleiters. Bei Substraten  
mit (001)-Orientierung und solchen mit (110)-Orientie-  
rung sind somit für die Ausbreitung von Lichtwellen  
dieselben Voraussetzungen gegeben, d.h. derartige Bau-
- 25 elemente auf unterschiedlich orientierten Substraten  
lassen sich bezüglich der Lichtausbreitungseigenschaf-  
ten ohne weiteres miteinander verknüpfen. Ein elek-  
trisches Feld in  $[001]$ -Richtung, das eine Phasenver-  
schiebung bewirkt, verläuft bei einem (001)-Substrat
- 30 vertikal, bei einem (110)-Substrat horizontal. Ent-  
sprechend verläuft ein elektrisches Feld in  $[110]$ -  
Richtung für eine Änderung des Polarisationszustandes  
bei einem (001)-Substrat horizontal, bei einem (110)-  
Substrat vertikal.

01 Bei diesen beiden genannten Orientierungen bilden  
also die Ausbreitungsrichtung der Lichtwelle und  
die Richtungen der beiden elektrischen Felder zu-  
05 sammen ein orthogonales Dreibein, das für beide  
Orientierungen von Substraten identisch ist. Je  
nachdem, ob es sich um ein (001)- oder um ein (110)-  
Substrat handelt, sind lediglich die Rollen der  
beiden elektrischen Felder bezüglich ihrer Polari-  
sations- bzw. Phasenbeeinflussung vertauscht.

10 Besonders bevorzugte Ausführungsformen der Erfin-  
dung weisen eine Ausbildung der zur Erzeugung elek-  
trischer Felder dienenden Elektroden mittels pn-  
15 Übergängen auf, welche seitlich bzw. ober- und un-  
terhalb des lichtführenden Wellenleiters angeordnet  
sind. Derartige pn-Übergänge können in Planartechno-  
logien durch Diffusion, Ionenimplantation, bei der  
Epitaxie oder dergleichen realisiert oder auch als  
20 Schottky-Kontakt ausgebildet werden. Die Feldvertei-  
lungen, die sich auf diese Weise erzeugen lassen,  
sind allerdings insofern etwas unterschiedlich, als  
ein gewünschtes horizontales Feld auch eine Kompo-  
nente in vertikaler Richtung aufweist. Vertikale  
25 Felder hingegen lassen sich in nahezu reiner Form,  
d.h. ohne ins Gewicht fallende Horizontalkomponenten  
erzeugen.

30 In der nachfolgenden Tabelle sind für die beiden ge-  
nannten Substrat-Orientierungen die Auswirkungen ei-  
nes vertikalen elektrischen Feldes - Typ A genannt -  
und eines horizontalen elektrischen Feldes - Typ B  
genannt - zusammengefaßt:

01	Elektrisches Feld Substrat- Orientierung	Typ A (rein) - vertikal -	Typ B (überwiegend) - horizontal -
05	(001)	Phase ( $\Phi$ )	Polarisation ( $\Theta$ )
	(110)	Polarisation ( $\Theta$ )	Phase ( $\Phi$ )

Für eine vollständige TE/TM-Modenkonversion muß beispielsweise eine Phasen-Fehlanpassung zwischen TE- und TM-Welle, die auch als Modendispersion bezeichnet wird, kompensiert werden. Ausführungsformen der Erfindung können vorteilhaft zu diesem Zweck mit N Sektionen von je zwei Elektroden-Paaren zur Erzeugung horizontal verlaufender elektrischer Felder ausgebildet sein, wobei die Elektrodenpaare innerhalb einer Sektion antiparallel gepolt sind. Hiermit werden insbesondere folgende Möglichkeiten eröffnet:

- Befinden sich die Gegenelektroden jeweils auf der Unterseite des Substrats, sieht eine sich fortpflanzende Lichtwelle bei Ansteuerung jeweils der linken oder rechten, seitlich vom Wellenleiter befindlichen Elektrode horizontale Komponenten des elektrischen Feldes mit invertiertem Richtungssinn.

- Bilden die seitlichen Elektroden die Quellen des horizontalen elektrischen Feldes, treten nur vernachlässigbar geringe vertikale Komponenten auf. Allerdings verteilt sich das horizontale Feld planar, d.h. auch zwischen benachbarten, auf derselben Seite des Wellenleiters befindliche und mit unterschiedlichem

01 Potential belegte Elektroden. Die parallel zur Ausbreitungsrichtung der Lichtwelle verlaufenden Komponenten des elektrischen Feldes beeinflussen weder die Phase noch die Polarisierung signifikant.

05

- Durch Beschaltung derartiger Elektroden entsprechend dem Prinzip eines Synchron-Motors - vgl. "IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques", Band MTT-30, No. 4 (April 1982) Seiten 613 bis 617

10

(F. Heismann; R. Ulrich) - können Phasenverschiebungen in unbegrenztem Umfang, d.h. ohne Rücksetzungen (reset) durchgeführt werden.

B  
15

Einzelne Ausführungsformen der Erfindung, insbesondere auch die in weiteren Unteransprüchen als bevorzugt angegebenen, werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen:

20

Fig. 1: eine perspektivische, schematische Darstellung eines Bauelements gemäß der Erfindung mit den Angaben zu den Achsenrichtungen dieses Bauelements und den zugeordneten Kristallachsen für ein (001)- bzw. ein (110)-Substrat;

25

Fig. 2: eine schematische Darstellung der Anordnung der Elektroden für die Erzeugung eines vertikalen elektrischen Feldes;

30

Fig. 3: eine schematische Darstellung der Anordnung der Elektroden für die Erzeugung eines horizontalen elektrischen Feldes;

Fig. 4 und 5: schematische Darstellungen für die Anordnung von Elektroden zur Erzeugung elektrischer Felder mit überwiegend hori-

- 01 zontalen Komponenten im Bereich der Licht-  
wellenleitung  
und Fig. 6: eine schematische Darstellung unterschied-  
lich ansteuerbarer seitlicher Elektroden.
- 05 Ein Bauelement der integrierten Optik gemäß Fig. 1 be-  
sitzt einen als erhabene Rippe ausgebildeten Wellenlei-  
ter auf einem Substrat aus III-V-Halbleiter-Mischkri-  
stallen, beispielsweise einer Schicht Q aus quaternärem  
10 Material. Die optische Achse des Wellenleiters liegt  
in Richtung der z-Achse des Bauelements. Die x-Achse  
des Bauelements verläuft vertikal, die y-Achse horizon-  
tal.
- 15 Für ein (001)-Substrat aus III-V-Material verlaufen die  
Kristallachsen [001] parallel zur x-Achse, [110] paral-  
lel zur y-Achse und  $[1\bar{1}0]$  parallel zur z-Achse des Bau-  
elements; für ein (110)-Substrat sind [110] parallel  
zur x-Achse des Bauelements, [001] parallel zur y- und  
20  $[1\bar{1}0]$  auch hier parallel zur z-Achse. Bei beiden Orien-  
tierungen stimmen also die Richtungen der optischen  
Achsen überein. Elektrische Felder zur Beeinflussung  
der Phase müssen in [001]-Richtung, zur Beeinflussung  
der Polarisierung in [110]-Richtung verlaufen. Das heißt,  
25 zwischen (001)- und (110)-orientierten Substraten ver-  
tauschen vertikale und horizontale elektrische Felder  
ihre Rolle bezüglich ihrer Auswirkungen auf Phasenlage  
bzw. Polarisationszustand einer sich in  $[1\bar{1}0]$ -Richtung  
fortpflanzenden Lichtwelle.
- 30 Aus physikalischen Gründen sind bei Kristallen mit ku-  
bischem Gitter die (100)-, (010)- und (001)-Orientie-  
rungen äquivalent.

01 Für die monolithische Integration von unterschiedli-  
chen Komponenten in Bauelementen der integrierten Optik  
ist III-V-Material deshalb besonders gut geeignet, weil  
es halbleitend ist, also auch elektronische Bauelemente  
05 und Schaltungen in diesem Material herstellbar sind,  
und weil für Laser, für Photodioden und für Wellenlei-  
ter jeweils für bestimmte Wellenlängen optimale Misch-  
Kristallzusammensetzungen ausgewählt und in Planartech-  
nologien auf ein einziges Substrat aufgebracht werden  
10 können.

Ein Wellenleiter muß nicht - wie in Fig. 1 dargestellt -  
als Rippe ausgebildet sein. Es können auch Streifenwel-  
lenleiter in der Lichtwellen leitenden planaren Schicht  
15 durch Diffusion, Ionenätzen, Ionenimplantation, Metall-  
bekleidung und dergleichen erzeugt werden.

Wesentlich für die erfindungsgemäße Lösung ist es, daß  
für die Maßnahmen zur Beeinflussung von Phase und Pola-  
risation separate Sektionen nicht unbedingt erforder-  
20 lich, jedoch auch möglich sind. Das heißt, die Elektro-  
denanordnungen für die Erzeugung horizontal und verti-  
kal verlaufender Felder können sich an derselben Stelle  
befinden, soweit dies konstruktiv möglich ist, und ge-  
25 gebenfalls gleichzeitig, auf jeden Fall wahlweise in  
Funktion gesetzt werden.

Die in den Fig. 2 bis 5 dargestellten Ausbildungen und  
Anordnungen von Potentialflächen, zwischen denen elek-  
30 trische Felder in elektrisch halbleitendem Material  
erzeugt werden können, haben gemeinsam, daß pn-Übergän-  
ge geschaffen werden.

01 Bei der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform besteht  
der optische Wellenleiter aus einer Rippe auf einer  
schwach n-leitenden quaternären Schicht mit einem stark  
n-leitend dotierten InP-Substrat. Im Bereich der Rippe  
05 befindet sich ein flach ausgebildetes, stark p-dotier-  
tes Gebiet, das z.B. durch eine Cadmiumoxidschicht kon-  
taktiert ist. Unterhalb des stark n-leitenden Substrat-  
materials ist die Gegenelektrode angebracht. Es bildet  
sich ein vertikales elektrisches Feld in der Lichtwel-  
10 len leitenden  $n^-$ -Schicht aus.

Eine Ausführungsform gemäß Fig. 3 besitzt in einer  
semiisolierenden quaternären und transparenten Schicht  
beiderseits des Wellenleiters stark n- bzw. stark p-  
15 dotierte Zonen, die z.B. mittels metallischer Beläge  
elektrisch kontaktierbar sind. Zwischen diesen beiden,  
unterschiedlich leitenden Zonen bildet sich bei Anle-  
gen einer Spannung ein horizontales elektrisches Feld  
aus. Als Substrat dient hierbei semiisolierendes Indi-  
20 umphosphid.

Gemäß Fig. 4 können beiderseits des Wellenleiters, der  
die Breite  $w$  aufweist, in einer schwach n-leitenden  
quaternären und transparenten Schicht zwei stark p-lei-  
25 tende Zonen erzeugt werden, die entsprechend Fig. 3 mit  
einem Metall belegt und elektrisch kontaktiert sind.  
Über das semiisolierende Indiumphosphid-Substrat bildet  
sich zu einer Gegenelektrode hin, die durch eine stark  
n-leitende kleine Zone mit einer Metallbelegung eben-  
30 falls auf der quaternären Schicht ausgebildet ist, ein  
elektrisches Feld aus, das eine überwiegend horizontal  
verlaufende Komponente in der transparenten Schicht  
aufweist.

- 01 Hiervon unterscheidet sich die Ausführungsform gemäß  
Fig. 5 dadurch, daß unterhalb der transparenten quater-  
nären Schicht Q eine schwach n-leitende Schicht aus In-  
diumphosphid auf einem stark n-leitenden InP-Substrat  
05 vorgesehen sind und sich die Gegenelektrode auf der Un-  
terseite des Substrats befindet.

- Die in Fig. 6 dargestellte Ausbildung unterschiedlich  
ansteuerbarer Elektroden-Paare, die sich beiderseits  
10 eines Wellenleiters, in N Sektionen befinden, wobei in-  
nerhalb jeder der Sektionen jeweils zwei derartige Paa-  
re zusammengefaßt sind, ermöglichen z.B. eine periodi-  
sche Invertierung des Richtungssinns eines horizontalen  
elektrischen Feldes. Von den auf diese Weise erzielba-  
15 ren Vorteilen sind die wichtigsten bereits weiter oben  
schon erwähnt.



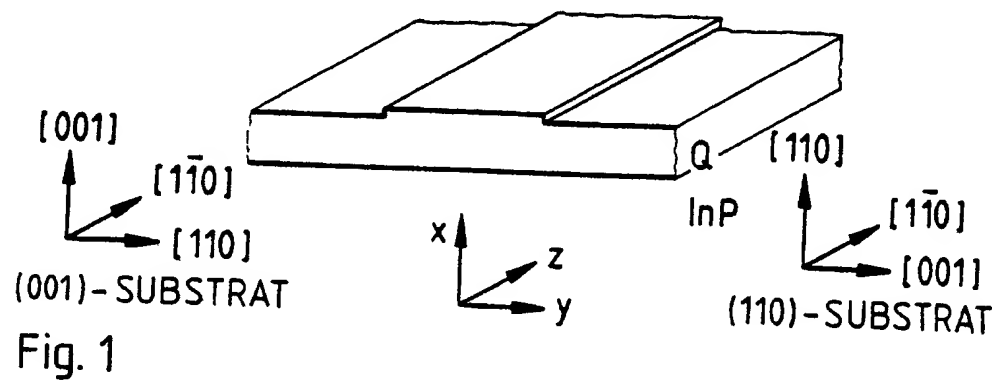
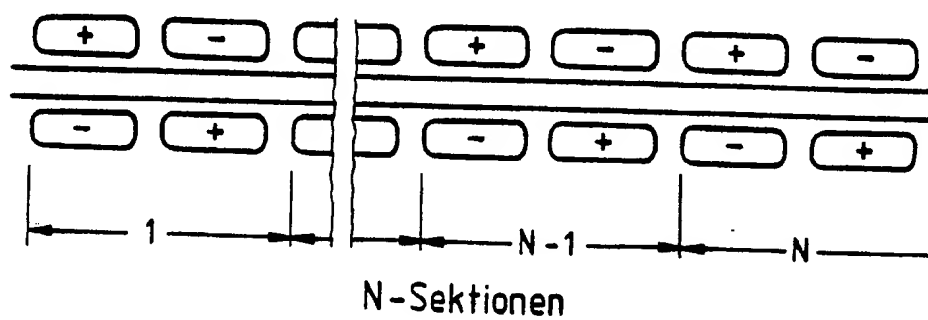


Fig. 6



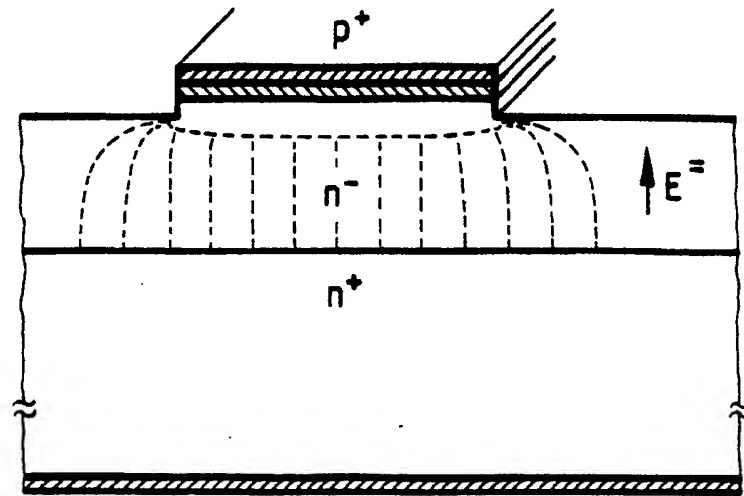


Fig. 2

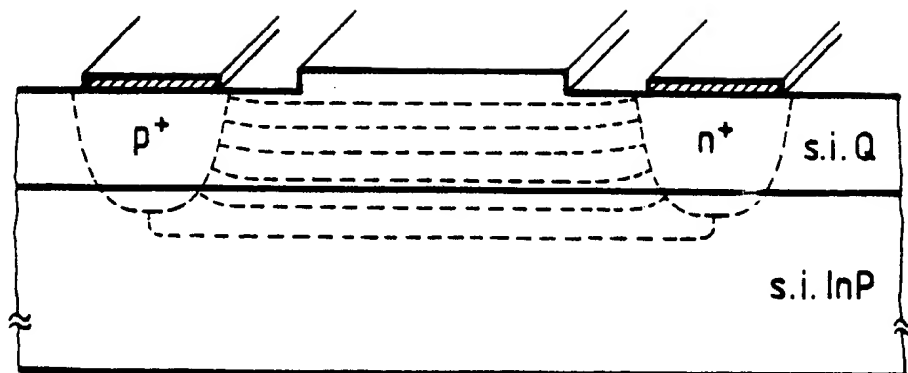


Fig. 3

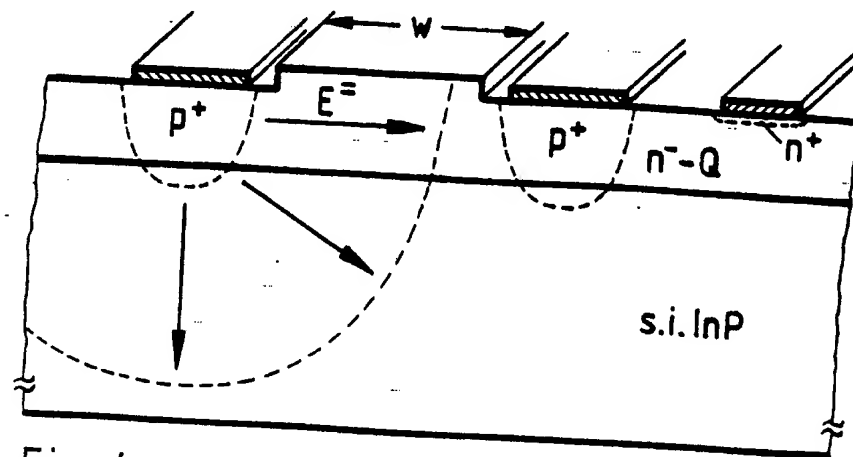


Fig. 4

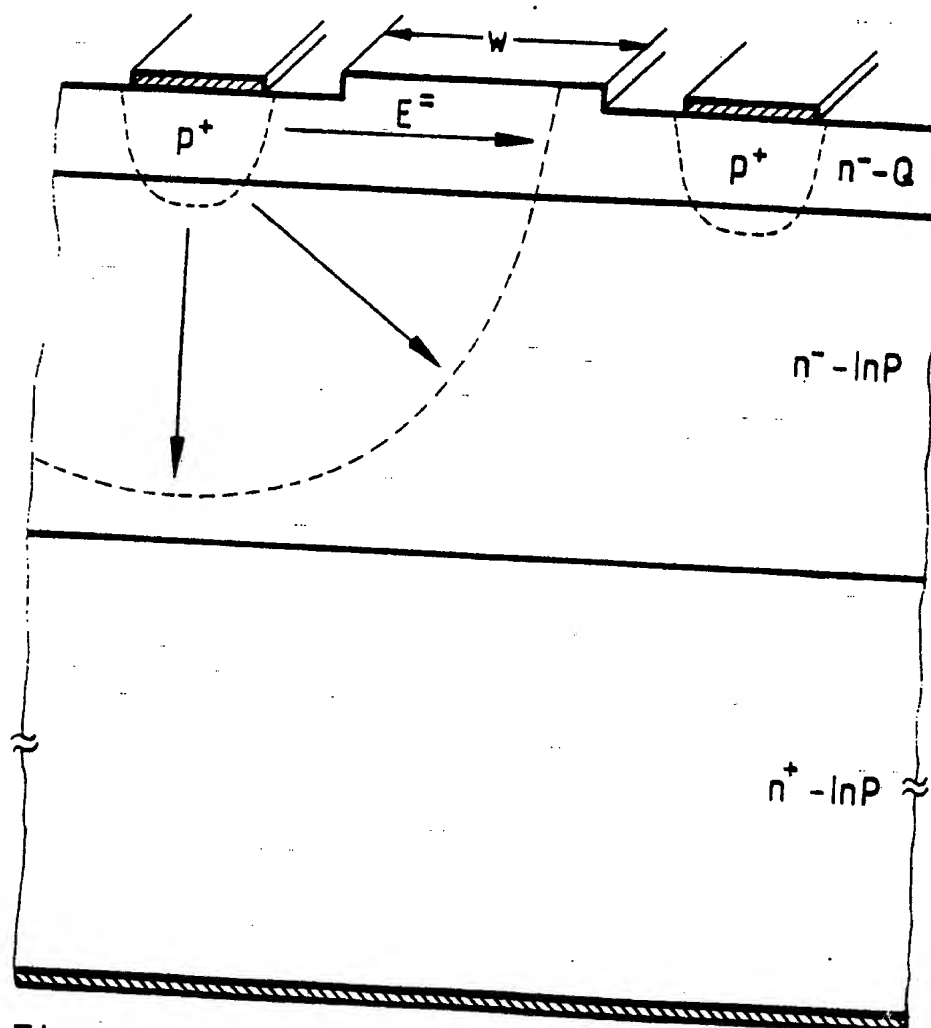


Fig. 5